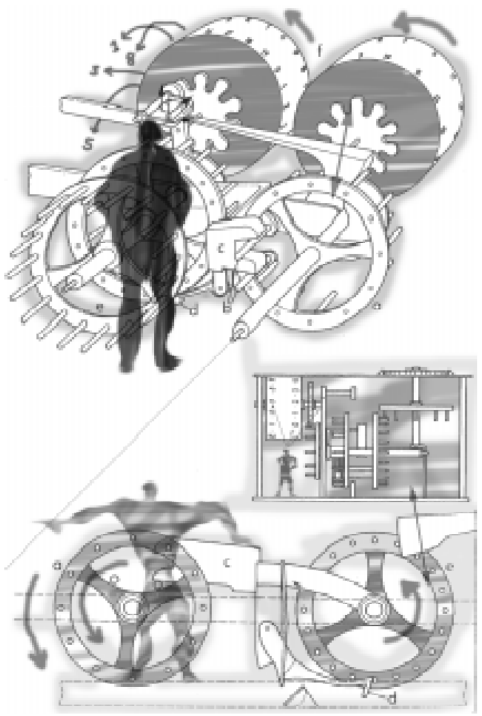
INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

por

Oscar Johansen Bertoglio



Oscar Johansen Bertoglio

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Departamento de Administración

Título
Ingeniero Comercial, Universidad de Chile.

Magister
MBA, University of Columbia, U.S.A.

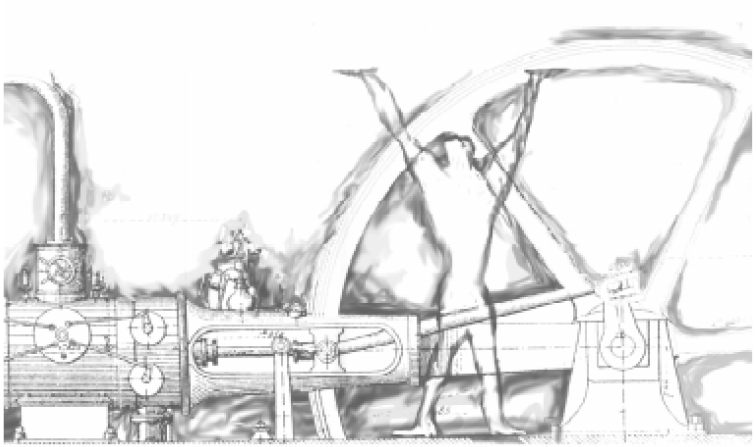
Jerarquía Académica
Profesor Titular

Disciplina
Administración

Especificación del Área
Administración y Sistemas.

1

Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas



SISTEMA: El concepto de sistema en general está sustentado sobre el hecho de que ningún sistema puede existir aislado completamente y siempre tendrá factores externos que lo rodean y pueden afectarlo. Puleo define sistema como " un conjunto de entidades caracterizadas por ciertos atributos, que tienen relaciones entre sí y están localizadas en un cierto ambiente, de acuerdo con un cierto objetivo". También se define como un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo. Cabe aclarar que las cosas o partes que componen al sistema, no se refieren al campo físico (objetos), sino más bien al funcional. De este modo las cosas o partes pasan a ser funciones básicas realizadas por el sistema. Podemos enumerarlas en: entradas, procesos y salidas.

ENTIDAD: Es lo que constituye la esencia de algo y por lo tanto es un concepto básico. Las entidades pueden tener una existencia concreta, si sus atributos pueden percibirse por los sentidos y por lo tanto son medibles y una existencia abstracta si sus atributos están relacionados con cualidades inherentes o propiedades de un concepto.

ATRIBUTO: Se entiende por atributo las características y propiedades estructurales o funcionales que caracterizan las partes o componentes de un sistema

RELACION: Las relaciones internas y externas de los sistemas han tomado diversas denominaciones. Entre otras: efectos recíprocos, interrelaciones, organización, comunicaciones, flujos, prestaciones, asociaciones, intercambios, interdependencias, coherencias, etcétera. Las relaciones entre los elementos de un sistema y su ambiente son de vital importancia para la comprensión del comportamiento de sistemas vivos. Las relaciones pueden ser recíprocas (circularidad) o unidireccionales. Presentadas en un momento del sistema, las relaciones pueden ser observadas como una red estructurada bajo el esquema input/output.

SUBSISTEMA: Se entiende por subsistemas a conjuntos de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor. En términos generales, los subsistemas tienen las mismas propiedades que los sistemas (sinergia) y su delimitación es relativa a la posición del observador de sistemas y al modelo que tenga de éstos. Desde este ángulo se puede hablar de subsistemas, sistemas o supersistemas, en tanto éstos posean las características sistémicas (sinergia).

SINERGIA: Todo sistema es sinérgico en tanto el examen de sus partes en forma aislada no puede explicar o predecir su comportamiento. La sinergia es, en consecuencia, un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema (conglomerado). Este concepto responde al postulado aristotélico que dice que "el todo no es igual a la suma de sus partes". La totalidad es la conservación del todo en la acción recíproca de las partes componentes (teleología). En términos menos esencialistas, podría señalarse que la sinergia es la propiedad común a todas aquellas cosas que observamos como sistemas.

FRONTERA: Los sistemas consisten en totalidades y, por lo tanto, son indivisibles como sistemas (sinergia). Poseen partes y componentes (subsistema), pero estos son otras totalidades (emergencia). En algunos sistemas sus fronteras o límites coinciden con discontinuidades estructurales entre estos y sus ambientes, pero corrientemente la demarcación de los límites sistémicos queda en manos de un observador (modelo). En términos operacionales puede decirse que la frontera del sistema es aquella línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él (Johannsen. 1975:66).

AMBIENTE: Se refiere al área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema. En lo que a complejidad se refiere, nunca un sistema puede igualarse con el ambiente y seguir conservando su identidad como sistema. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste. Sin embargo, esta estrategia tiene la desventaja de especializar la selectividad del sistema respecto a su ambiente, lo que disminuye su capacidad de reacción frente a los cambios externos. Esto último incide directamente en la aparición o desaparición de sistemas abiertos.

MODELO: Los modelos son constructos diseñados por un observador que persigue identificar y mensurar relaciones sistémicas complejas. Todo sistema real tiene la posibilidad de ser representado en más de un modelo. La decisión, en este punto, depende tanto de los objetivos del modelador como de su capacidad para distinguir las relaciones relevantes con relación a tales objetivos. La esencia de la modelística sistémica es la simplificación. El metamodelo sistémico más conocido es el esquema input-output.

ELEMENTO: Se entiende por elemento de un sistema las partes o componentes que lo constituyen. Estas pueden referirse a objetos o procesos. Una vez identificados los elementos pueden ser organizados en un modelo.

ORGANIZACIÓN: N. Wiener planteó que la organización debía concebirse como "una interdependencia de las distintas partes organizadas, pero una interdependencia que tiene grados. Ciertas interdependencias internas deben ser más importantes que otras, lo cual equivale a decir que la interdependencia interna no es completa" (Buckley. 1970:127). Por lo cual la organización sistémica se refiere al patrón de relaciones que definen los estados posibles (variabilidad) para un sistema determinado.

ESTRUCTURA: Las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema. Según Buckley (1970) las clases particulares de interrelaciones más o menos estables de los componentes que se verifican en un momento dado constituyen

la estructura particular del sistema en ese momento, alcanzando de tal modo una suerte de "totalidad" dotada de cierto grado de continuidad y de limitación. En algunos casos es preferible distinguir entre una estructura primaria (referida a las relaciones internas) y una hiperestructura (referida a las relaciones externas).

INFORMACION: La información tiene un comportamiento distinto al de la energía, pues su comunicación no elimina la información del emisor o fuente. En términos formales "la cantidad de información que permanece en el sistema (...) es igual a la información que existe más la que entra, es decir, hay una agregación neta en la entrada y la salida no elimina la información del sistema" (Johannsen. 1975:78). La información es la más importante corriente negentrópica de que disponen los sistemas complejos.

CIBERNETICA: Se trata de un campo interdisciplinario que intenta abarcar el ámbito de los procesos de control y de comunicación (retroalimentación) tanto en máquinas como en seres vivos. El concepto es tomado del griego *kibernetes* que nos refiere a la acción de timonear una goleta (N.Wiener.1979).

CIRCULARIDAD: Concepto cibernético que nos refiere a los procesos de autocausación. Cuando A causa B y B causa C, pero C causa A, luego A en lo esencial es autocausado (retroalimentación, morfostásis, morfogénesis).

COMPLEJIDAD: Por un lado, indica la cantidad de elementos de un sistema (complejidad cuantitativa) y, por el otro, sus potenciales interacciones (conectividad) y el número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). La complejidad sistémica está en directa proporción con su variedad y variabilidad, por lo tanto, es siempre una medida comparativa. Una versión más sofisticada de la TGS se funda en las nociones de diferencia de complejidad y variedad. Estos fenómenos han sido trabajados por la cibernética y están asociados a los postulados de R.Ashby (1984), en donde se sugiere que el número de estados posibles que puede alcanzar el ambiente es prácticamente infinito. Según esto, no habría sistema capaz de igualar tal variedad, puesto que si así fuera la identidad de ese sistema se diluiría en el ambiente.

CONGLOMERADO: Cuando la suma de las partes, componentes y atributos en un conjunto es igual al todo, estamos en presencia de una totalidad desprovista de sinergia, es decir, de un conglomerado (Johannsen. 1975:31-33).

ENERGIA: La energía que se incorpora a los sistemas se comporta según la ley de la conservación de la energía, lo que quiere decir que la cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada (entropía, negentropía).

ENTROPIA: El segundo principio de la termodinámica establece el crecimiento de la entropía, es decir, la máxima probabilidad de los sistemas es su progresiva desorganización y, finalmente, su homogeneización con el ambiente. Los sistemas cerrados están irremediablemente condenados a la desorganización. No obstante hay sistemas que, al menos temporalmente, revierten esta tendencia al aumentar sus estados de organización (negentropía, información).

EQUIFINALIDAD: Se refiere al hecho que un sistema vivo a partir de distintas condiciones iniciales y por distintos caminos llega a un mismo estado final. El fin se refiere a la mantención de un estado de equilibrio fluyente. "Puede alcanzarse el mismo estado final, la misma meta, partiendo de diferentes condiciones iniciales y siguiendo distintos itinerarios en los procesos organísmicos" (von Bertalanffy. 1976:137). El proceso inverso se denomina **multifinalidad**, es decir, "condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes" (Buckley. 1970:98).

EQUILIBRIO: Los estados de equilibrios sistémicos pueden ser alcanzados en los sistemas abiertos por diversos caminos, esto

se denomina equifinalidad y multifinalidad. La mantención del equilibrio en sistemas abiertos implica necesariamente la importación de recursos provenientes del ambiente. Estos recursos pueden consistir en flujos energéticos, materiales o informativos.

EMERGENCIA: Este concepto se refiere a que la descomposición de sistemas en unidades menores avanza hasta el límite en el que surge un nuevo nivel de emergencia correspondiente a otro sistema cualitativamente diferente. E. Morin (Arnold. 1989) señaló que la emergencia de un sistema indica la posesión de cualidades y atributos que no se sustentan en las partes aisladas y que, por otro lado, los elementos o partes de un sistema actualizan propiedades y cualidades que sólo son posibles en el contexto de un sistema dado. Esto significa que las propiedades inmanentes de los componentes sistémicos no pueden aclarar su emergencia.

FUNCION: Se denomina función al output de un sistema que está dirigido a la mantención del sistema mayor en el que se encuentra inscrito.

HOMEOSTASIS: Este concepto está especialmente referido a los organismos vivos en tanto sistemas adaptables. Los procesos homeostáticos operan ante variaciones de las condiciones del ambiente, corresponden a las compensaciones internas al sistema que sustituyen, bloquean o complementan estos cambios con el objeto de mantener invariante la estructura sistémica, es decir, hacia la conservación de su forma. La mantención de formas dinámicas o trayectorias se denomina **homeorrosis** (sistemas cibernéticos).

INPUT / OUTPUT: Los conceptos de input y output nos aproximan instrumentalmente al problema de las fronteras y límites en sistemas abiertos. Se dice que los sistemas que operan bajo esta modalidad son procesadores de entradas y elaboradores de salidas.

Input.- Todo sistema abierto requiere de recursos de su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (energía, materia, información) que se requieren para dar inicio al ciclo de actividades del sistema.

Output.- Se denomina así a las corrientes de salidas de un sistema. Los outputs pueden diferenciarse según su destino en servicios, funciones y retroinputs.

PROCESO: El proceso es lo que transforma una entrada en salida, como tal puede ser una máquina, un individuo, una computadora, un producto químico, una tarea realizada por un miembro de la organización, etc. En la transformación de entradas en salidas debemos saber siempre como se efectúa esa transformación. Con frecuencia el procesador puede ser diseñado por el administrador. En tal caso, este proceso se denomina ”Caja blanca". No obstante, en la mayor parte de las situaciones no se conoce en sus detalles el proceso mediante el cual las entradas se transforman en salidas, porque esta transformación es demasiado compleja. Diferentes combinaciones de entradas o su combinación en diferentes órdenes de secuencia pueden originar diferentes situaciones de salida. En tal caso la función de proceso se denomina una "caja negra".

CAJA NEGRA: La caja negra se utiliza para representar a los sistemas cuando no sabemos que elementos o cosas componen al sistema o proceso, pero sabemos que a determinadas corresponden determinadas salidas y con ello poder inducir, presumiendo que a determinados estímulos, las variables funcionaran en cierto sentido.

MORFOGENESIS: Los sistemas complejos (humanos, sociales y culturales) se caracterizan por sus capacidades para elaborar o modificar sus formas con el objeto de conservarse viables (retroalimentación positiva). Se trata de procesos que apuntan al desarrollo, crecimiento o cambio en la forma, estructura y estado del sistema. Ejemplo de ello son los procesos de diferenciación,

la especialización, el aprendizaje y otros. En términos cibernéticos, los procesos causales mutuos (circularidad) que aumentan la desviación son denominados morfogenéticos. Estos procesos activan y potencian la posibilidad de adaptación de los sistemas a ambientes en cambio.

MORFOSTASIS: Son los procesos de intercambio con el ambiente que tienden a preservar o mantener una forma, una organización o un estado dado de un sistema (equilibrio, homeostasis, retroalimentación negativa). Procesos de este tipo son característicos de los sistemas vivos. En una perspectiva cibernética, la morfostasis nos remite a los procesos causales mutuos que reducen o controlan las desviaciones.

NEGENTROPIA: Los sistemas vivos son capaces de conservar estados de organización improbables (entropía). Este fenómeno aparentemente contradictorio se explica porque los sistemas abiertos pueden importar energía extra para mantener sus estados estables de organización e incluso desarrollar niveles más altos de improbabilidad. La negentropía, entonces, se refiere a la energía que el sistema importa del ambiente para mantener su organización y sobrevivir (Johannsen. 1975).

RECURSIVIDAD: Proceso que hace referencia a la introducción de los resultados de las operaciones de un sistema en él mismo (retroalimentación).

RETROALIMENTACION: Son los procesos mediante los cuales un sistema abierto recoge información sobre los efectos de sus decisiones internas en el medio, información que actúa sobre las decisiones (acciones) sucesivas. La retroalimentación puede ser negativa (cuando prima el control) o positiva (cuando prima la amplificación de las desviaciones). Mediante los mecanismos de retroalimentación, los sistemas regulan sus comportamientos de acuerdo a sus efectos reales y no a programas de outputs fijos. En los sistemas complejos están combinados ambos tipos de corrientes (circularidad, homeostasis).

Retroalimentación negativa.- Este concepto está asociado a los procesos de autorregulación u homeostáticos. Los sistemas con retroalimentación negativa se caracterizan por la mantención de determinados objetivos. En los sistemas mecánicos los objetivos quedan instalados por un sistema externo (el hombre u otra máquina).

Retroalimentación positiva.- Indica una cadena cerrada de relaciones causales en donde la variación de uno de sus componentes se propaga en otros componentes del sistema, reforzando la variación inicial y propiciando un comportamiento sistémico caracterizado por un autorreforzamiento de las variaciones (circularidad, morfogénesis). La retroalimentación positiva está asociada a los fenómenos de crecimiento y diferenciación. Cuando se mantiene un sistema y se modifican sus metas/fines nos encontramos ante un caso de retroalimentación positiva. En estos casos se aplica la relación desviación-amplificación (Mayurama. 1963).

RETROINPUT: Se refiere a las salidas del sistema que van dirigidas al mismo sistema (retroalimentación). En los sistemas humanos y sociales éstos corresponden a los procesos de autorreflexión.

SERVICIO: Son los outputs de un sistema que van a servir de inputs a otros sistemas o subsistemas equivalentes.

SISTEMAS ABIERTOS: Se trata de sistemas que importan y procesan elementos (energía, materia, información) de sus ambientes y esta es una característica propia de todos los sistemas vivos. Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente, intercambios que determinan su equilibrio, capacidad reproductiva o continuidad, es decir, su viabilidad (entropía negativa, teleología, morfogénesis, equifinalidad).

SISTEMAS CERRADOS: Un sistema es cerrado cuando ningún elemento de afuera entra y ninguno sale fuera del sistema. Estos

alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio (entropía, equilibrio). En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados.

SISTEMAS CIBERNETICOS: Son aquellos que disponen de dispositivos internos de autocomando (autorregulación) que reaccionan ante informaciones de cambios en el ambiente, elaborando respuestas variables que contribuyen al cumplimiento de los fines instalados en el sistema (retroalimentación, homeorrosis).

SISTEMAS TRIVIALES: Son sistemas con comportamientos altamente predecibles. Responden con un mismo output cuando reciben el input correspondiente, es decir, no modifican su comportamiento con la experiencia.

TELEOLOGIA: Este concepto expresa un modo de explicación basado en causas finales. Aristóteles y los Escolásticos son considerados como teleológicos en oposición a las causalistas o mecanicistas.

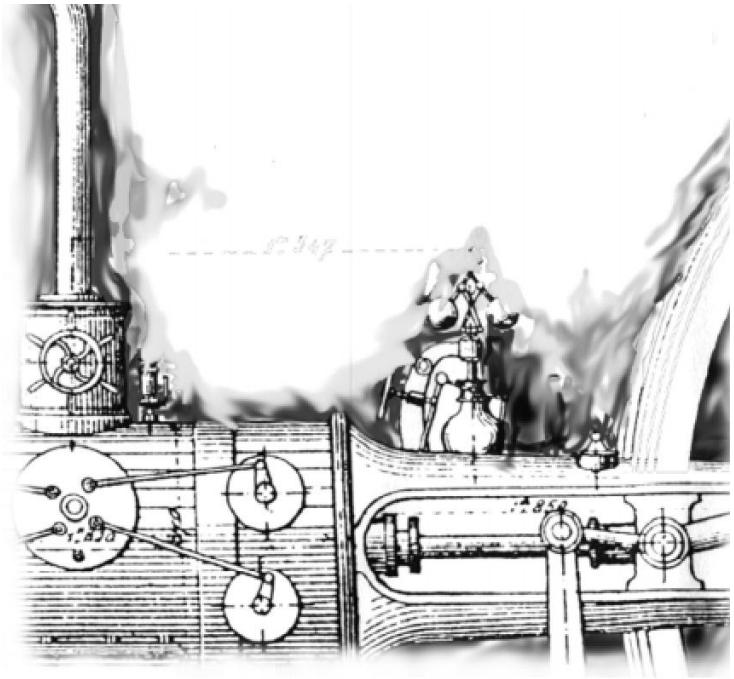
VARIABILIDAD: Indica el máximo de relaciones (hipotéticamente) posibles (n!).

VARIEDAD: Comprende el número de elementos discretos en un sistema (v = cantidad de elementos).

VIABILIDAD: Indica una medida de la capacidad de sobrevivencia y adaptación (morfostásis, morfogénesis) de un sistema a un medio en cambio.

2

Introducción a la Teoría General de Sistemas



INTRODUCCIÓN

Al enfoque de sistemas puede llamársele correctamente teoría general de sistemas aplicada. Es importante proporcionar una comprensión básica del surgimiento de la ciencia de los sistemas generales.
Delinearemos las principales propiedades de los sistemas y de los dominios de sistemas. Además, se hace una comparación entre los supuestos subyacentes a los enfoques analítico-mecánicos. Esta comparación demuestra la incapacidad de los enfoques para tratar el dominio de los campos biológico, conductual, social y similares.

TEORIA GENERAL DE SISTEMAS

La teoría de la organización y la práctica administrativa han experimentado cambios sustanciales en años recientes. La información proporcionada por las ciencias de la administración y la conducta ha enriquecido a la teoría tradicional. Estos esfuerzos de investigación y de conceptualización a veces han llevado a descubrimientos divergentes. Sin embargo, surgió un enfoque que puede servir como base para lograrla convergencia, el enfoque de sistemas, que facilita la unificación de muchos campos del conocimiento. Dicho enfoque ha sido usado por las ciencias físicas, biológicas y sociales, como marco de referencia para la integración de la teoría organizacional moderna.
El primer expositor de la Teoría General de los Sistemas fue Ludwing von Bertalanffy, en el intento de lograr una metodología integradora para el tratamiento de problemas científicos.
La meta de la Teoría General de los Sistemas no es buscar analogías entre las ciencias, sino tratar de evitar la superficialidad científica que ha estancado a las ciencias. Para ello emplea como instrumento, modelos utilizables y transferibles entre varios continentes científicos, toda vez que dicha extrapolación sea posible e integrable a las respectivas disciplinas.
La Teoría General de los Sistemas se basa en dos pilares básicos: aportes semánticos y aportes metodológicos:

APORTES SISTEMÁTICOS: Las sucesivas especializaciones de las ciencias obligan a la creación de nuevas palabras, estas se acumulan durante sucesivas especializaciones, llegando a formar casi un verdadero lenguaje que sólo es manejado por los especialistas.
De esta forma surgen problemas al tratarse de proyectos interdisciplinarios, ya que los participantes del proyecto son especialistas de diferentes ramas de la ciencia y cada uno de ellos maneja una semántica diferente a los demás.

APORTES METODOLOGICOS:

Jerarquía de los Sistemas:

Al considerar los distintos tipos de sistemas del universo Kennet Boulding proporciona una clasificación útil de los sistemas donde establece los siguientes niveles jerárquicos:

1. **Primer nivel, Estructura Estática:** Se le puede llamar nivel de los marcos de referencia.

2. **Segundo nivel, Sistema Dinámico Simple:** Considera movimientos necesarios y predeterminados. Se puede denominar reloj de trabajo.

3. **Tercer nivel, Sistema Cibernético:** El sistema se autorregula para mantener su equilibrio.

4. **Cuarto nivel, Sistema Abierto:** En este nivel se comienza a diferenciar la vida. Puede de considerarse nivel de célula.

5. **Quinto nivel, Genético-Social:** Está caracterizado por las plantas.

6. **Sexto nivel, Sistema Animal:** Se caracteriza por su creciente movilidad, comportamiento teleológico y su autoconciencia.

7. **Séptimo nivel, Sistema Humano:** Es el nivel del ser individual, considerado como un sistema con conciencia y habilidad para utilizar el lenguaje y símbolos.

8. **Octavo nivel, Sistema Social o Sistema de Organizaciones Humanas:** Considera el contenido y significado de mensajes, la naturaleza y dimensiones del sistema de valores, la transcripción de imágenes en registros históricos, sutiles simbolizaciones artísticas, música, poesía y la compleja gama de emociones humanas.

9. **Noveno nivel, Sistemas Trascendentales:** Completan los niveles de clasificación: estos son los últimos y absolutos, los ineludibles y desconocidos, los cuales también presentan estructuras sistemáticas e interrelaciones.

DESARROLLO HISTÓRICO DE LA TEORÍA DE SISTEMAS

La primera formulación en tal sentido es atribuible al biólogo Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), quien acuñó la denominación "Teoría General de Sistemas". Para él, la TGS debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales y ser al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos. Sobre estas bases se constituyó en 1954 la Society for General Systems Research, cuyos objetivos fueron los siguientes:

a. Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar las transferencias entre aquellos.
b. Promoción y desarrollo de modelos teóricos en campos que carecen de ellos.
c. Reducir la duplicación de los esfuerzos teóricos
d. Promover la unidad de la ciencia a través de principios conceptuales y metodológicos unificadores.

Como ha sido señalado en otros trabajos, la perspectiva de la TGS surge en respuesta al agotamiento e inaplicabilidad de los enfoques analítico-reduccionistas y sus principios mecánico-causales (Arnold & Rodríguez, 1990b). Se desprende que el principio clave en que se basa la TGS es la noción de totalidad orgánica, mientras que el paradigma anterior estaba fundado en una imagen inorgánica del mundo.
A poco andar, la TGS concitó un gran interés y pronto se desarrollaron bajo su alero diversas tendencias, entre las que destacan la cibernética (N. Wiener), la teoría de la información (C.Shannon y W.Weaver) y la dinámica de sistemas (J.Forrester). Si bien el campo de aplicaciones de la TGS no reconoce limitaciones, al usarla en fenómenos humanos, sociales y culturales se advierte que sus raíces están en el área de los sistemas naturales (organismos) y en el de los sistemas artificiales (máquinas). Mientras más equivalencias reconozcamos entre organismos, máquinas, hombres y formas de organización social, mayores serán las posibilidades para aplicar correctamente el enfoque de la TGS, pero mientras más experimentemos los atributos que caracterizan lo humano, lo social y lo cultural y sus correspondientes sistemas, quedarán en evidencia sus inadecuaciones y deficiencias.

No obstante sus limitaciones, y si bien reconocemos que la TGS aporta en la actualidad sólo aspectos parciales para una moderna Teoría General de Sistemas Sociales (TGSS), resulta interesante examinarla con detalle. Entendemos que es en ella donde se fijan las distinciones conceptuales fundantes que han facilitado el camino para la introducción de su perspectiva, especialmente en los estudios ecológico culturales (e.g. M.Sahlins, R.Rappaport), politológicos (e.g. K.Deutsch, D.Easton), organizaciones y empresas (e.g. D.Katz y R.Kahn) y otras especialidades antropológicas y sociológicas. Finalmente, el autor quiere agradecer a Juan Enrique Opazo, Andrea García, Alejandra Sánchez, Carolina Oliva y Francisco Osorio, quienes dieron origen a este documento en una versión de 1991, bajo el proyecto de investigación SPITZE.

PAPEL DE LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

Esta teoría se ha desarrollado con la finalidad de ofrecer una alternativa a los esquemas conceptuales conocidos con el nombre de enfoque analítico y mecánico con la aplicación del método científico. Se les llama mecánico porque estos fueron instrumentos en el desarrollo de las leyes de Newton, y analítico estos proceden por medio del análisis, se caracterizan porque pueden ir de lo más complejo a lo más simple.

Los enfoques analíticos y mecánicos sufrieron las siguientes omisiones:

1. Estos no podían explicar por completo, los fenómenos como organización, mantenimiento, regulación y otros procesos biológicos.
2. El método analítico no fue adecuado para el estudio de los sistemas que tuvieron que ser tratados holísticamente, las propiedades del sistema de esta clase no podían inferirse de las propiedades de las partes, un supuesto importante del enfoque analítico y mecánico.
3. Las teorías mecánicas no fueron diseñadas para tratar con sistemas de complejidad organizada, ya que estas mostraban estructuras más complejas acopladas a fuertes interacciones.

La teoría general de sistema ha evolucionado para ofrecer un marco de trabajo conceptual y dialéctico en el cual pueden desarrollarse los métodos científicos adecuados a otros sistemas y no propiamente a los del mundo físico, y pueden lograr:

1. Adoptan un enfoque holístico hacia los sistemas.
2. Provocan la generalidad de leyes particulares, mediante el hallazgo de similitudes de estructura (isomorfismo) a través de los sistemas.
3. Anima el uso de modelos matemáticos, cambian el énfasis de una consideración de contenido a una

estructura, la cual ayuda en la solución de muchas controversias de utilidad cuestionable.

4. Promueve la unida de la ciencia, al proporcionar un marco de referencia coherente para la organización del conocimiento.

TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS Y LA UNIDAD DE LA CIENCIA

A la par de las matemáticas y la filosofía con la cual se pregunta por la unidad de la ciencia, el hombre ha desarrollado modelos para estudiar y comprender las relaciones de las estructuras y los fenómenos del mundo real, los cuales pueden tomar distintas formas, pero ellos están hechos para lograr una mejor comprensión de la complejidad del mundo real. Estos complejos surgen en dos niveles diferentes: el micronivel, que se interesa por las relaciones básicas de causa y efecto, estas regulan el desempeño de los componentes elementales; y el macronivel, es en donde se estudian las interrelaciones ente los subsistemas elementales.

LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS Y LA REALIDAD

La Teoría General de Sistemas describe un nivel de construcción teórico de modelos que se sitúa entre las construcciones altamente generalizadas de las matemáticas puras y las teorías especificas de las disciplinas especializadas y que en estos últimos altos ha hecho sentir, cada vez más fuerte, la necesidad de un cuerpo sistemático de construcciones teóricas que pueda discutir, analizar y explicar las relaciones generales del mundo empírico. Según Boulding ese es el destino de la Teoría General de Sistemas. Por supuesto que no se busca establecer una teoría general de prácticamente cualquier cosa, única y total, que reemplace todas las teorías especiales de cada disciplina en particular.

Tal teoría, en la practica, no tendría contenido, porque en la medida que aumentamos la generalidad tenemos que hacerlo a costa del contenido. Por ejemplo, se puede pensar en una persona en particular. Sin embargo, podemos generalizarla diciendo que es un ciudadano de una ciudad determinada. Hemos ganado en generalización, pero hemos perdido en cuanto al contenido particular de la persona. Pero podemos llegar fácilmente a un segundo grado de generalización diciendo que es un hombre de una determinada nacionalidad. Luego podemos generalizarlo más aún, pensando en su sentido genérico: es un sistema vivo, y aún más, en otro grado de generalización es un sistema natural, por fin podemos decir que es un sistema abierto y, más aún, un sistema y finalmente un objeto.

Sin embargo en alguna parte, entre lo especifico que no tiene significado y lo general que no tiene contenido, debe existir para cada propósito y para cada nivel de abstracción, un grado óptimo de generalidad. Los teóricos de sistemas afirman que este óptimo grado de generalidad en teoría no siempre es alcanzado por las ciencias en particular

Este punto de vista se ve cada vez más demostrado o adquiere mayor fuerza, cuando uno contempla las nuevas disciplinas que se crean y que representan, fundamentalmente, la “tierra de nadie” que separa a las disciplinas concretas. Así hablamos de físico-química (que no es ni física pura ni química pura), de psicología social (que no es ni psicología pura ni sociología pura) y, más reciente aún, de bioquímica, biofisicoquímica (y no sería extraño que ya se pensara en términos de psicobiofisicoquímica o sociopsicobiofisicoquímica). En este sentido, la teoría de sistemas (o el enfoque de sistemas) toma una posición contraria (como metodología) al enfoque reduccionista que discutimos anteriormente. Mientras ese último tiende a la subdivisión cada vez mayor del todo, y al estudio particular de esas subdivisiones, el enfoque de sistemas pretende integrar las partes hasta alcanzar una totalidad lógica o de una independencia o autonomía relativa con respecto a la totalidad mayor de la cual también forma parte.

EL ENFOQUE DE LOS SISTEMAS

ENFOQUE REDUCCIONISTA:

Ejemplo 1: Hace un tiempo atrás, mientras me preparaba a efectuar un viaje fuera del país, tuve que ir al consultorio del medico, a quien visito periódicamente por una enfermedad crónica, con el fin de que me diera un certificado, explicando mi enfermedad, y que podría servirme como un antecedente en previsión de alguna afección que pudiera sufrir mientras estuviera en el extranjero.

Mientras esperaba al médico gastroenterólogo observó en una de las paredes de su clínica un gran cuadro que representaba las diferentes partes del organismo, cada una dentro de los contornos de la figura humana. Así, la primera figura representaba el esqueleto; la segunda, el aparato circulatorio; la tercera, el sistema digestivo, la cuarta el sistema muscular y la quinta, el sistema nervioso.

Cada una de ellas mostraba una parte de la anatomía humana, separada de tal modo que facilitara su estudio y la comprensión de las funciones de cada sistema en particular. Sin embargo, superponiéndolas de cierta manera se llegaba a ser humano como tal.

Es evidente que es a través de esas divisiones como la biología ha logrado estudiar e investigar la anatomía humana. Es decir, el progreso alcanzado por estas ciencias se debe, en gran parte, a lo que, generalmente, se denomina el enfoque reduccionista, en el cual se estudia un fenómeno complejo a través del análisis de sus elementos o partes componentes.

Ejemplo 2: Observemos un problema trivial. A pesar de que muchos partidos de fútbol importantes son televisados, normalmente podemos observar el estadio lleno y la reventa de entradas, es decir, una fuerte presión para ver el juego desde allí. ¿Es que esa gente no dispone de un receptor de TV o le es imposible "visitar" a algún familiar o amigo que lo tenga? Creemos que no. Ver un partido de fútbol en TV, dice el aficionado, "no es lo mismo que verlo en la cancha". Aparte del ingrediente marginal (pero importante) del ruido, del contacto entre los espectadores, en fin, del estado emocional que provoca una contienda de equipos importantes, es difícil seguir el juego desde la pantalla del televisor. Uno observa al arquero efectuar un rechazo, ¿hacia dónde? No lo sabemos, hasta que la pantalla, siguiendo la trayectoria del balón, nos indica hacia qué jugador o posición éste iba dirigido. Lo mismo ocurre en casi todo el partido, excepto en los pases cortos. ¿Que sucede? Simplemente, que la actual tecnología no nos permite "observar" toda la cancha desde la pantalla de TV. Solo nos muestra el lugar donde se desarrolla la acción central (donde está el balón en juego), pero no nos permite observar el todo, el cuadro general, los movimientos de los jugadores sin el balón, los desplazamientos y las demarcaciones. En una palabra, observamos una parte del conjunto que no nos permite "gozar" del espectáculo completo.

Ejemplo 3: Para dejar más clara la idea, y utilizando la imaginación del lector, supongamos que pudiéramos disponer de un aparato tal que nos permitiera observar solamente la conducta de un determinado jugador de uno de los dos equipos que se enfrentan en el estadio. Aparece sólo el individuo en acción. Evidentemente que, al cabo de unos minutos, nos parecería que este hombre se conduce de una manera bastante extraña que nosotros no comprendemos: le vemos correr, detenerse, saltar, caer al suelo, levantar las manos, moverse con un comportamiento errático. Sin embargo, si en un momento dado apretamos un botón de nuestro televisor y lo integramos al comportamiento del resto de los jugadores, árbitros y público, entonces comprenderemos y nos explicaremos cabalmente una conducta hasta entonces extraña y absurda.

TEORÍA DE LOS CAMPOS: Ya en los años 30, Kurt Lewin, el famoso psicólogo fundador de la escuela basada en la "**teoría de los campos**" *(Field Theory)* para el estudio del comportamiento humano y de grupos señalaba que "lo que resulta importante en la teoría del campo es la forma en que procede el análisis. En vez de escoger uno u otro elemento aislado dentro de una situación, la importancia del cual no puede ser juzgada sin tomar en cuenta la situación como un todo, ***la teoría del campo encuentra ventajoso, como regla, comenzar por la caracterización de las situación como un todo*** Después de la primera aproximación, los diversos aspectos y partes de la situación son sometidos a un análisis cada vez mas especifico y detallado. Es obvio que este método es la mejor manera para no errar el camino, engañados por uno u otro elemento de la situación". Sin duda que Lewin pensaba ya en la idea integracionista, porque se enfrentaba a un objeto de estudio: el hombre y/o los grupos, que son sistemas bastante más complejos que un pedazo de mineral o una célula.

LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS Y SU APLICACIÓN

CIBERNÉTICA: Esta nueva ciencia, desarrollada por Norbert Weiner en su clásico libro "Cibernética",10 se basa en el principio de la retroalimentación (o causalidad circular) y de homeóstasis; explica los mecanismos de comunicación y control en las maquinas y los seres vivos que ayudan a comprender los comportamiento generados por estos sistemas que se caracterizan por sus propósitos, motivados por la búsqueda de algún objetivo, con capacidades de auto - organización y de auto - control.

Según S. Beer, Wiener, al definir la cibernética como la "ciencia de la comunicación y el control en el animal y en la maquina", apuntaba a las leyes de los sistemas complejos que permanecen invariables cuando se transforma su materia. Considerándola en su sentido más amplio, Beer la define como "la ciencia de la organización efectiva". Allí señala que las leyes de los sistemas complejos son invariables, no frente a las transformaciones de su materia, sino también de su *contenido.* Nada importa, dice Beer, que el contenido del sistema sea neurofisiológico, automotor, social o económico.

TEORÍA DE LA INFORMACIÓN: Esta introduce el concepto de información como una cantidad mensurable, mediante una expresión isomórfica con la entropía negativa en física. En efecto, los matemáticos que han desarrollado esta teoría han llegado a la sorprendente conclusión de que la fórmula de la información es exactamente igual a la fórmula de la entropía, sólo con el signo cambiado, de donde se deduce que:

Información = - entropía o
Información = neguentropía

Ahora bien la entropía (positiva en física es una medida de desorden. Luego la información (o entropía negativa) o neguentropía es una medida de organización. En este sentido, es interesante observar una conclusión a que ha llegado J.J. Miller que señala que, mientras más complejos son los sistemas (entendiéndose por complejidad el número posible de estados que puede presentar cada parte y el número de las posibles relaciones entre esas partes) mayor es la energía que dichos sistemas destinan tanto a la obtención de la información como a su procesamiento, decisión, almacenaje y/o comunicación.

TEORÍA DE LOS JUEGOS: Desarrollada por Morgenstein y, principalmente, por von Neuman, trata de analizar, mediante un novedoso marco de referencia matemática, la competencia que se produce entre dos o mis sistemas racionales (o por parte de un sistema) antagonista, los que buscan maximizar sus ganancias y minimizar sus pérdidas (es decir, buscan alcanzar o "jugar" la estrategia óptima).

A través de esta técnica se puede estudiar el comportamiento de partes en conflicto, sean ellas individuos, oligopolios o naciones. Evidentemente, aun los supuestos sobre los cuales descansa esta teoría son bastante restrictivos (suponen conducta racional

entre los competidores), sin embargo, su avance, es decir, la eliminación, c, al menos, la extensión o mayor flexibilidad de los supuestos dependerá del avance realizado no sólo en este campo, sino en campos afines, como son la conducta o dinámica de grupos y, en general, la o las teorías que tratan de explicar y resolver (o predecir) los conflictos.

TEORÍA DE LA DECISIONES: En general, en este campo se han seguido dos líneas diferentes de análisis. Una es la Teoría de la Decisión misma que busca analizar, en una forma parecida a la Teoría de los juegos, la selección racional de alternativas dentro de las organizaciones o sistemas sociales. Se basa en el examen de un gran número de situaciones y sus posibles consecuencias, determinando así (por procedimientos estadísticos, fundamentalmente basados en la toma de las probabilidades), una decisión que optimice el resultado

La otra línea de análisis, encabezada básicamente por H.A. Simón, es el estudio de la "conducta" que sigue el sistema social, en su totalidad y en cada una de sus partes, al afrontar el proceso de decisiones. Esto ha conducido a una teoría "conductista" de la empresa a diferencia de la teoría económica, muy en boga entre los economistas que han desarrollado la teoría de la competencia perfecta y/o imperfecta (Boulding Chamberling, y otros). En ella se estudia el comportamiento de estos sistemas sociales que se caracterizan por perseguir ciertos objetivos.

Esta aproximación ha modificado sustancialmente la teoría administrativa al describir el comportamiento de los centros de decisiones, enfatizando el problema de las comunicaciones y sus riesgos, etc.

TOPOLOGÍA O MATEMÁTICA RELACIONAL*:* La Topología ha sido reconocida como un área particular de las matemáticas en los últimos 50 años, y su principal crecimiento se ha originado dentro de los ú1timos 30 años. Es una de las nuevas ramas de las matemáticas que ha demostrado, más poder y ha producido fuertes repercusiones en la mayoría de las antiguas ramas de esta ciencia y ha tenido también efecto importante en las otras ciencias, incluso en las ciencias sociales. Partió como una respuesta a la necesidad del análisis clásico del cálculo y de las ecuaciones diferenciales. Sin embargo, la topología no es una rama del análisis, sino una especie de geometría, una geometría más bien de pensamiento geométrico basado en la prueba de la existencia de un cierto teorema, en campos tales como las redes, los gráficos, los conjuntos.

Su aplicación al estudio de las interacciones entre las partes de los sistemas (sociales o de otro tipo) se hace evidente. Por ejemplo, L. Spier expresa la teoría de los gráficos como un método, para comprender la conducta administrativa. Señala que es una gran ayuda para ilustrar las propiedades estructurales de un problema administrativo, o de una estructura organizacional y las propiedades de las conexiones entre sus partes.

EL ANÁLISIS FACTORIAL: Es decir él aislamiento, por medio del análisis matemático, de los factores en aquellos problemas caracterizados por ser multivariables.

Su aplicación se ha concentrado en diferentes áreas; dentro de las ciencias sociales especialmente en psicología.

En esta ciencia, este planteamiento trata de determinar las principales dimensiones de los grupos (por ejemplo, en el estudio de la dinámica de grupos), mediante la identificación de sus elementos claves. Esto significa que se puede medir en un gran grupo una cantidad de atributos y determinar un número bastante más limitado de dimensiones independientes, por medio de las cuales pueda ser más económico y funcionalmente definido medir cualquier grupo particular de una población grupal mayor. En la dinámica de grupos se define como “sintalidad” 10 que el término de *personalidad* define en el individuo. Los factores principales encontrados por los psicólogos sociales que apoyan este enfoque son los de energía, habilidad y dirección.

INGENIERÍA DE SISTEMAS: Se refiere a la planeación, diseño, evaluación y construcción científica de sistemas hombre - maquina. El interés teórico de este campo se encuentra en el hecho de que aquellas entidades cuyos componentes son heterogéneos (hombres, maquinas, edificios, dinero y otros objetos, flujos de materias primas, flujos de producción, etc.) pueden ser analizados como sistemas o se les puede aplicar el análisis de sistemas.

La Ingeniería de sistemas de acuerdo con Hall es una parte de la técnica creativa organizada que se ha desarrollado como una forma de estudiar los sistemas complejos (especialmente industriales). El aumento de la complejidad se pone de manifiesto con el creciente número de interacciones entre los miembros de una población en crecimiento, la acelerada división del trabajo y la especialización de las funciones, el empleo creciente de las maquinas que reemplazan a la mano de obra, con el consiguiente aumento de la productividad y la creciente velocidad y volumen en las comunicaciones y transporte.

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES: Es el control científico de los sistemas existentes de hombres, maquinas, materiales, dinero, etc. Quizás la definición más moderna avanzada en este campo sea la de Staffor Beer, uno de los primeros participantes en el Operational Research, que se creó en Inglaterra durante la Segunda Guerra Mundial, y que, formado por sabios y técnicos de las diferentes ramas del saber, se enfrentó y resolvió problemas particulares presentados por las fuerzas armadas.

Beer define a la investigación de operaciones como: “El ataque de la ciencia moderna a los complejos problemas que surgen de la dirección y la administración de los grandes sistemas compuestos por hombres, maquinas, materiales y dinero en la industria, el comercio, el gobierno y la defensa. Su enfoque distintivo es el desarrollo de un modelo científico del sistema incorporando factores tales como el azar y el riesgo, con los cuales predecir y comparar los resultados de las diferentes decisiones, estrategias o controles alternativos. El propósito es ayudar a la administración a determinar su política y sus acciones de una manera científica”. Esta definición después de muchas consultas con los principales expertos británicos en este campo fue adoptada por la “Operational Research Society of Great Britain”.

3

Los Sistemas del Mundo Real

DEFINICIONES DE SISTEMAS

La definición del sistema (o el establecimiento de sus fronteras) puede no ser un problema simple de resolver. Es posible hacer varios intentos de definición hasta que por fin encontremos una que encierre nuestra unidad de análisis y sus principales interrelaciones con el medio (incluyendo aquellas fuerzas de su medio que pueden modificar, y de hecho modifican la conducta de esa unidad de análisis).

La dificultad de fijar las fronteras de los sistemas se debe a las siguientes características de éstos:

1. Es bastante difícil (si no imposible) aislar los aspectos estrictamente mecánicos de un sistema. Por ejemplo, al escribir estas líneas, puedo pensar y estoy viendo como mi mano y sus dedos aprisionan el lápiz y con ciertos movimientos determinados se deslizan sobre el papel. Sin embargo, mal podría explicar este lápiz fenómeno si me dedico a observar sólo el sistema mano - lápiz - papel. Indudablemente debe agregar el sistema molecular y las actividades neurales y/o los procesos interpretativos del cerebro.
2. El intercambio o la relación entre sistemas no se limita exclusivamente a una familia de sistemas. Existe un contacto permanente con el mundo exterior. Para escribir estas líneas, mi sistema no sólo está formado por brazo, cerebro, lápiz y papel, sino además por un conjunto de libros y apuntes desparramados sobre el escritorio y que sirven de apoyo a mi trabajo. Existe aquí un continuo cambio de energía y de información entre mi sistema y el mundo exterior.
3. Finalmente existe un continuo intercambio de interrelaciones tiempo - secuencia, pensamos que cada efecto tiene su causa, de modo que las presiones del medio sobre el sistema modifican su conducta y, a la vez, este cambio de conducta modifica al medio y su comportamiento. Las opiniones de cierto autor modifican mis ideas sobre algún aspecto de la

materia que estoy escribiendo, pero podría ser que lo que finalmente escriba modificara las ideas de ese autor.

En todo caso, para la definición de un sistema siempre contaremos con dos conceptos que pueden ser de gran ayuda: la idea de un supersistema y la idea de los subsistemas. De este modo, podemos definir a nuestro sistema en relación con su medio inmediato, por una parte, y en relación con sus principales componentes, por otra.

Así, si mi interés es estudiar una playa de arena, bien puedo limitar mi vista a esa playa, y su frontera estará dada por sus límites geográficos. Pero a su vez, podría definir el supersistema como los objetos que se encuentran inmediatamente al otro lado de las fronteras del sistema (parte del mar y el continente) y que, a mi juicio, inciden fundamentalmente en la conducta del sistema. Por otro lado, puedo definir los subsistemas, que podrían ser en este caso el grano de arena, las rocas, etc. y su constitución o características. Sin duda que, al tomar estos tres niveles de organización para estudiar el nivel del medio, **estaremos asegurándonos una mejor comprensión del comportamiento del nivel intermedio de organización que es, precisamente, el que deseamos estudiar.**

COMPONENTES: Los componentes de un sistema son simplemente las partes identificables del mismo.

ATRIBUTOS DE LOS COMPONENTES: Los componentes, por ser objetos o personas, poseen propiedades o características. Estas influyen en la operación del sistema, en su velocidad, precisión confiabilidad, capacidad y muchos otros aspectos.
Un ejemplo de la elección entre máquinas pudiera ser la selección de un dispositivo de salida entre varias opciones: despliegue visual, un sistema de audio, una impresora mecánica o un graficador. En el sistema de información, las características del componente de salida no son una alta velocidad sino la claridad, la economía y la permanencia relativa. Por tanto, se escoge una impresora como auxiliar de la computadora, y el formato de la salida es un informe "impreso" que se envía a la gerencia una vez al mes.

ESTRUCTURA: La estructura de un sistema es el conjunto de relaciones entre los objetos y atributos de los objetos de un sistema. El grado en que los elementos funcionan juntos para alcanzar los objetivos totales sirve para definir la estructura.
Los elementos de un sistema trabajan juntos en grados variables.

1 **Relaciones Disfuncionales.-** Estas pueden presentarse a raíz de fenómenos naturales, atributos antagónicos o conflictos organizacionales. Por ejemplo, los departamentos de producción y mercadotecnia tal vez no coincidan en los programas de producción, en los inventarlos o en el servicio a clientes.

2 **Relaciones Parasitarias.**- Son aquellas en que uno aprovecha los recursos del otro sin dar nada a cambio. Por ejemplo, en Estados Unidos hay algunas comisiones gubernamentales cuyos miembros reciben un sueldo y lo único que hacen es reunirse una vez por año.

3 **Relaciones Simbióticas.-** Se presentan entre organismos u organizaciones diferentes que satisfacen mutuamente sus necesidades. Por ejemplo, el garrapatero que vive de las vacas y que devora garrapatas, con lo cual satisface la necesidad de eliminarlas del cuerpo de ese animal. He aquí otro ejemplo: una compañía y sus vendedores se necesitan mutuamente y colaboran en una relación simbiótica.

4 **Relaciones Sinergéticas.-** Estas relaciones existen a veces entre los subsistemas y los elementos; se refuerzan entre sí en la obtención de objetivos comunes.

5 **Relaciones Optimizadas.-** En ellas los intercambios de recursos y los intercambios de objetivos de los subsistemas mantienen un equilibrio dinámico para optimizar la salida total del sistema en forma continua. Se trata con toda seguridad de

un sistema ideal, mientras que el sistema sinergético que lucha por la optimización representa a los sistemas reales.

INTERFASES: La interfaz es una conexión entre dos sistemas, la región de contacto. La interfaz entre el hombre y la computadora es la salida que corresponde a la entrada de la computadora. Eso pudiera ser la preparación de tarjetas perforadas o la terminal. La computadora

ENTROPÍA: La entropía es el movimiento de un sistema hacia un desgaste, desorden o discrepancia totales. Un sistema cerrado alcanza su entropía máxima cuando se descompone. En los sistemas biológicos o sociales, la entropía puede ser invertida por las entradas de información y energía, llegando con ello a mayores estados de orden y organización. A esto se le llama incremento de la entropía negativa.

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS

SISTEMAS NATURALES Y ARTIFICIALES*:* Los sistemas naturales abundan en la naturaleza. La ecología de la vida es un sistema natural, y cada organismo es un sistema natural especial. El sistema del agua del mundo, por lo menos antes que el hombre lo modificara, era un sistema, como también es el sistema solar.
Sus objetivos varían enormemente. Un sistema se centrara en la defensa nacional; otro Será un sistema de transporte. La organización de una campaña es un sistema con muchos sistemas más pequeños incorporados a él (producción, contabilidad, etc.) y otros, como los sistemas de comunicaciones y los de distribución de oficinas, sobrepuesto a la principal organización económica de la gente.

SISTEMAS SOCIALES. HOMBRE-MAQUINA Y MECÁNICOS: Distinguiéndose de otros sistemas, objetivos y procesos. Las empresas, las dependencias gubernamentales, los partidos políticos, los clubes sociales y las sociedades técnicas son ejemplos de sistemas que pueden estudiarse desde esta perspectiva.
La mayor parte de los sistemas empíricos caen dentro de la categoría de hombre – maquina. En la actualidad, casi todos los hombres emplean equipos de una u otra clase en sus trabajos organizados
Los sistemas puramente mecánicos deben obtener sus propias entradas y mantenerlas.
Los sistemas mecánicos totalmente autosuficientes y autorreparables todavía pertenecen a la ciencia ficción, pese a que algunos sistemas eléctricos generadores de energía eléctrica se acercan cada vez más a la autosuficiencia

SISTEMAS ABIERTOS Y CERRADOS: El sistema abierto es aquel que interactúa con su ambiente. Todos los sistemas que contienen organismos vivos son abiertos, porque en ellos influye lo que es percibido por los organismos. En un sentido más importante, las organizaciones suelen ser sistemas que operan dentro de otros más extensos y, por lo mismo son abiertos. Por ejemplo, la estructura de mercadotecnia de una empresa es un sistema que forma parte de otro más grande: la compañía entera.
Y ésta a su vez es un sistema en el interior del sistema industrial global.
El hecho de que una compañía interactúe con su ambiente (un sistema más amplio) hace de ella un sistema abierto
El sistema ambiental con el que mas se relaciona es el sistema de la industria de la cual forman parte.
Prosiguiendo en este orden de ideas, señalamos que la industria es parte del sistema económico del país, el cual a su vez es un sistema dentro de la sociedad, la sociedad es un sistema en el interior del sistema mundial y este forma parte forma parte del sistema solar; y así sucesivamente hasta llegar a lo desconocido

Es más difícil entender de qué cosa constituye un sistema cerrado. El ambiente que rodee a un sistema cerrado no cambia y, si lo hace, se levantara una barrera entre el ambiente y él para impedir cualquier influencia. Aunque es poco probable que

existan realmente los sistemas cerrados, este concepto tiene importantes implicaciones
Cuando emprendemos experimentos en el laboratorio para estudiar el comportamiento humano, estamos intentando establecer temporalmente un sistema cerrado.
En el mundo de los negocios los problemas son resueltos algunas veces como si hubiera un sistema cerrado; ello se hace con el propósito de simplificar la situación lo suficiente para que se obtenga, por lo menos, una primera aproximación.

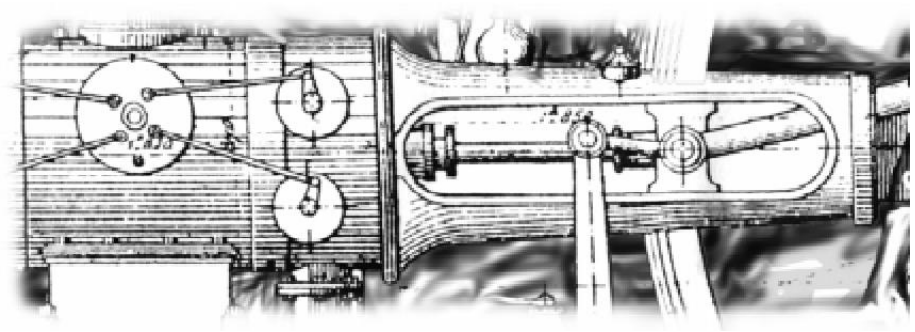
SISTEMAS PERMANENTES Y TEMPORALES: Relativamente pocos sistemas artificiales son permanentes. Sin embargo, en la práctica se dice que son "permanentes" aquellos que duran mucho más que las operaciones que en ellos realiza el ser humano. Nuestro sistema económico, que está cambiando gradualmente, es esencialmente permanente respecto a nuestros planes para el futuro.
Los sistemas verdaderamente temporales están destinados a durar cierto periodo y luego desaparecen.
Un proyecto pequeño de una investigación en grupo realizada en el-laboratorio es un sistema temporal.

SISTEMAS ESTABLES Y NO ESTABLES: Un sistema estable es aquel cuyas propiedades y operaciones no varían de manera importante o lo hacen sólo en ciclos repetitivos. La fábrica automatizada, la dependencia gubernamental que procesa los pagos al seguro social, los planteles de enseñanza media y el sistema de transbordador son ejemplos de este tipo de sistema.
Una empresa publicitaria, un sistema de defensa continental, un laboratorio de investigación y desarrollo, un ser humano son ejemplos de sistemas no estables
SUBSISTEMAS Y SUPRASISTEMAS: En los apartados anteriores se ha advertido que cada sistema esta incluido en un sistema mas grande. El sistema en la jerarquía que más nos interesa estudiar o controlar suele llamarse "el sistema". La empresa mercantil se considera como "el sistema" o "el sistema total", cuando el interés se centra en la producción, en la distribución de los bienes y en las fuentes de utilidades e ingresos. Como dice Stanford L. Optner: "El sistema total consta de todos los objetos, atributos y relaciones necesarias para alcanzar los objetivos dadas varias restricciones". La palabra sistema se utiliza con mucha frecuencia en el sentido de sistema total. El objetivo de este último define la finalidad para la cual todos los objetos, atributos y relaciones del sistema han sido organizados.
Los sistemas más pequeños incorporados al sistema reciben el nombre de subsistemas. Esta distinción tiene importantes implicaciones en la práctica respecto a la optimización y al enfoque de sistemas", según veremos más adelante.
El suprasistema denota sistemas extremadamente grandes y complejos. El suprasistema puede referirse a cualquier sistema que incluya al que está estudiándose. La economía puede considerarse un suprasistema en relación con la empresa mercantil.

SISTEMAS ADAPTATIVOS Y NO ADAPTATIVOS: Otra gama o espectro de posibilidades del sistema abarca los Adaptativos y lo no Adaptativos.
Un sistema que reacciona con su ambiente en tal forma que mejora su funcionamiento, logro o probabilidad de supervivencia se llama sistema adaptativo. Los organismos vivos de alto nivel, entre ellos los animales y el hombre, se sirven de la adaptación para afrontar las amenazas de los cambios en el ambiente físico o los que se producen en su sociedad. La teoría evolucionista se basa sobre todo en el concepto de un sistema adaptativo.
Por ultimo asociamos a la adaptación la fuente de energía, el aprendizaje y la modificación de si mismo. Por ejemplo, si las computadoras pudieran conectarse a una fuente de energía duradera, "aprender" a modificarse y repararse sin intervención del hombre, se convertirían en sistemas adaptivos

4

El Principio de la Organicidad



EL MUNDO EN EQUILIBRIO

El mundo puede ser representado como un sistema o como una colección de sistemas o sub sistemas que actúan y se interrelacionan unos con otros dentro de una realidad dinámica.

A pesar de toda esta enorme dinámica de fuerzas, de acción y reacción entre los diferentes sistemas, no existe un caos, si no un cierto orden y equilibrio que dan mas una impresión de acciones y relaciones suaves mas que pronunciadas.

Este fenómeno de acción equilibrada puede ser explicado a partir de dos concepciones diferentes.
Una de ellas es el aparente equilibrio del sistema según la mecánica newtoniana y la otra es la teoría general de sistemas.

EL EQILIBRIO Y LAS LEYES DE NEWTON

Isaac Newton (1642 - 1727) definió varias leyes sobre el movimiento o mecánica.
La primera de ellas señala que cada objeto o cuerpo persiste en un estadote descanso o inmóvil, o con un movimiento uniforme en línea recta, hasta que sea forzado a cambiar de este estado por fuerzas ejercidas contra el.

En el caso de los sistemas, sabemos que estos están compuestos de millones de sub sistemas que no parecen estar inmóviles, ¿entonces, como podríamos explicar esta contradicción aparente con la ley de newton?; pues para esto newton presento su tercera ley que dice: a cada acción sigue una reacción igual, vale decir que la acción de mutua de dos cuerpos, del uno sobre el otro es siempre igual y en dirección opuesta.

Esta tercera ley de newton a dado origen al principio de acción - reacción que señala que cada acción se encuentra acompañada de una reacción, también se conoce este principio como el de causa - efecto.

Entonces podemos decir que el mundo permanece en equilibrio gracias a que los cambios que se producen entre los sub sistemas se cancelan unos con otros, permaneciendo así el sistema total (la tierra) en equilibrio.

EL EQUILIBRIO Y LA TEORIA GENERAL DE SISTEMAS

Desde el punto de vista de la variabilidad del sistema total en relación a la variabilidad de sus partes existe una definición que expresado en palabras significa que **un objeto es un sistema cuando la variabilidad que experimenta la totalidad es menor que la suma de las variabilidades de cada una de sus partes o componentes.**

Este fenómeno lo podemos observar, en las actividades de la totalidad de las abejas en un panal.

Mirando en forma global, nos parece estar observando una enorme variabilidad en la conducta particular de cada abeja o grupo de abejas. Sin embargo, si consideramos al panal como una totalidad, podremos observar que su conducta es bastante equilibrada y ello nos permite predecir el comportamiento del panal como una empresa productora de miel de abejas.

Si unimos los dos conceptos, la variabilidad de los subsistemas y la variabilidad del medio, podemos comprender el equilibrio que puede mostrar un sistema.

Frente a los cambios externos que se producen en el medio, el sistema provisto de los homeostatos (derivado de homeostasis) necesarios, aminora esos impactos, desarrollando programas pre establecidos que tienden a hacer posible una serie de reacciones internas del sistema que lo defienden de las variaciones del medio.

Por otra parte, la sinergia tiende a nivelar los cambios internos que sufren los subsistemas.

Todo esto hace que el sistema tenga la propiedad de autocontrol y de autorregulación que lo lleva hacia un equilibrio homeostático o hacia un “estado permanente” que se caracteriza por la mantención de una relación determinada y estable entre la energía que entra al sistema (corriente de entrada) y la energía que sale del sistema (corriente de salida).

LA EVOLUCION EN EQUILIBRIO

En el corto plazo, las acciones y reacciones de un sistema no aparecen reflejadas en el carácter general del sistema, pero son fuerzas latentes que tratan de llevar al sistema a un cambio muchas veces impredecible.

Existen entonces dos fuerzas o dos aspectos fundamentales en el comportamiento de los sistemas.

Uno de ellos son las fuerzas que resisten los cambios bruscos y severos, y el otro aspecto es que los ciclos son rara vez o nunca similares.

En otras palabras, existen en la naturaleza fuerzas que buscan mantener un tipo particular de equilibrio al resistir los cambios rápidos, y fuerzas que demandan cambios, pero producidos por procesos lentos y evolutivos.

EL PRINCIPIO DE LA ORGANICIDAD

Se denomina principio de organicidad al proceso de evolución que tiende a aumentar el grado de organización que poseen los sistemas (sistemas abiertos y en especial los sistema vivos).
Parece ser que existe una tendencia natural, inherente a los sistemas vivos hacia la organización.
Y esta tendencia en muchos casos es independiente de los centros “ejecutivos” o directrices de esos sistemas.

La teoría de la evolución habla de una organización cada vez más compleja y la segunda ley, se refiere a la entropía creciente.

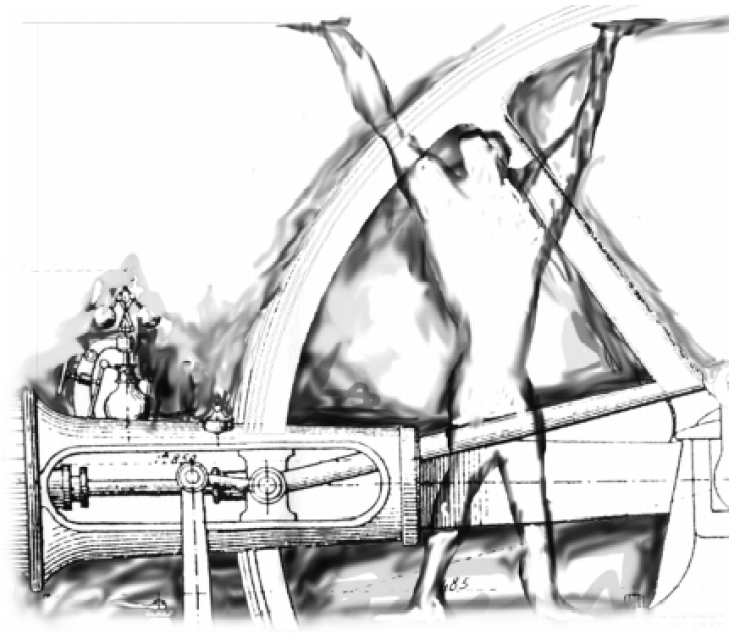
Estos dos principios esbozan una contradicción mas aparente que real, es decir que se puede salir del dilema planteado.

Ya al discutir la entropía, Wolfgang Wiese planteaba la opinión de que, junto a las conocidas leyes de la energía, debería existir una tercera ley, la ley de la organización.

Señala que la organización de un sistema es un principio que no se puede referir a fuerza o materia, “pero que, por si, es una magnitud independiente, ni energía ni sustancia, si no algo tercero expresado por la medida y el modo de orden”.

5

Definición de un Sistema Total



En el desarrollo de la teoría y el enfoque de sistemas, nos hemos referido a los sistemas en general (sistema social, mecánico, humano). Ahora, tomando en cuenta específicamente a los sistemas sociales, y más concretamente, a aquéllos cuyo objetivo es proporcionar bienes y/o servicios a la comunidad, es decir, en la empresa. Nuestro objetivo será discutir la definición o identificación de un sistema desde el punto de vista de un investigador que desea analizarlo.

Supongamos que el investigador se encuentra en condiciones de observar el todo o **sistema total** y tratemos de determinar los pasos que dará para alcanzar el punto desde el cual podrá observar ese todo. Su método, como lo plantea Churchman, “consiste en definir cuidadosamente de qué está hablando".

El término "sistema"; aunque puede ser definido de muchas maneras, se le define como: “El conjunto de partes coordinadas para alcanzar ciertos objetivos”.
Para esto, debemos explicar qué es lo que entendemos por "partes coordinadas".
Específicamente, el objetivo del investigador de sistemas es definir cuidadosamente y en detalle cuál es el sistema total, el medio en que se encuentra, cuáles son sus objetivos y sus partes y cómo estas partes apoyan el logro de esos objetivos.

El investigador de sistemas deberá seguir los siguientes pasos si quiere su objetivo: Describir y Definir un **sistema total**.

Los pasos son los siguientes:

- 1. Los objetivos del sistema total;
- 2. El medio en que vive el sistema;
- 3. Los recursos del sistema;
- 4. Los componentes del sistema;
- 5. La dirección del sistema;

Sin embargo, en ningún caso, estos pasos deben, forzosamente, tomarse de acuerdo con la secuencia aquí presentada. Más bien,

a medida que uno avanza en el análisis y descripción del sistema, es probable que uno deba reexaminar el trabajo realizado en los pasos previos.
Este es un proceso lógico y la lógica es esencialmente un proceso de controlar y recontrolar nuestros razonamientos.

Con estas advertencias en mente, discutiremos estas cinco consideraciones básicas que el investigador debe tener presentes cuando se enfrenta con la tarea de definir y describir un sistema.

LOS OBJETIVOS DEL SISTEMA TOTAL

La definición de los objetivos de un sistema total no siempre es tarea fácil. Puede existir confusión en su determinación. Generalmente los participantes del sistema no se preocupan, aun cuando sus objetivos y definiciones puedan tener una serie de propósitos independientes de la actuación del sistema.

Churchman presenta el siguiente ejemplo:

El director de un departamento universitario desea obtener el mayor presupuesto posible para la operación de su unidad. Como consecuencia, debe defender su posición en diferentes comités, comisiones o consejos que forman parte de la estructura de la universidad.
En estas ocasiones debe plantear los objetivos del departamento en la forma más atractiva posible, ya que debe buscar el máximo prestigio y el máximo poder "político" con el fin de obtener ese mayor presupuesto.
Señalará la importancia de la docencia en ese campo, el valor que tienen para la comunidad los proyectos de investigación que en él se desarrollan, la alta calificación académica que poseen sus integrantes, etc.
Estos son algunos de los argumentos que plantea y que menciona como los objetivos del departamento en cuestión.
En forma similar, el gerente de una empresa (a través de su departamento de relaciones públicas) o el administrador de una agencia estatal, deben presentar una imagen social a través de los objetivos de esos sistemas. No lo hacen sólo para atraer clientela, sino también para atraer capitales y apoyo del medio. Recuérdese que la aceptación o "legalización" del sistema en el medio es una condición necesaria para su supervivencia.

En general, estas declaraciones de principios son denominadas ***objetivos*** por los miembros del sistema, pero para nuestros propósitos de investigación y análisis ellas son demasiado vagas y, en muchos casos, equivocadas.

Este tipo de objetivos ha sido denominado por algunos estudiosos como "no operacionales" y equivalen, como señalábamos hace poco, más bien a declaraciones de principios o propósitos que a objetivos concretos sobre los cuales dirigir la conducta del sistema.
Si tomamos estos objetivos no operacionales en forma demasiado seria, podemos llegar a errores y equivocaciones en la identificación de los objetivos reales del sistema comparado con aquellos definidos por ese sistema.
El gerente de una empresa industrial puede hacernos pensar que el objetivo de su empresa es prestar servicio a la comunidad, sobre la base de alguna utilidad, etcétera.

Estos objetivos no operacionales tampoco pueden dejarse totalmente de lado. En efecto, ellos cumplen una función bastante específica en la empresa o en el sistema social de que se trate:

Son objetivos generalmente no conflictivos y, por lo tanto, pasan a ser un mecanismo de cohesión del grupo humano que forma el sistema.
¿Qué investigador de un departamento universitario no va a estar de acuerdo en que él está allí para aumentar el conocimiento en ese campo determinado del saber?
¿Qué ejecutivo medio o alto de una empresa va a estar contra la idea de los "objetivos sociales" de la empresa?

Una forma, sugerida por Churchman, en que el investigador puede determinar los objetivos del sistema, es observando si el sistema, a sabiendas, sacrificará otros objetivos con tal de alcanzar aquellos definidos por autoridades del sistema.

Por supuesto que, así como es difícil definir los verdaderos objetivos de una persona, así también puede serlo determinar los verdaderos objetivos de un sistema.
Como personas, generalmente ocultamos nuestros verdaderos objetivos, pues nos parece que pueden no ser satisfactorios desde el punto de vista de otras personas o de la comunidad en que vivimos. Si ellos fueran publicitados, es probable que tuviéramos problemas en obtener los diferentes tipos de apoyos que necesitamos en la vida (empleo, aceptación social, etc.).

El propósito, entonces, del investigador es determinar aquellos objetivos verdaderos y operacionales.
Operacionales en el sentido que pueden ser medidos y que a través de esta medición se pueda determinar la calidad de la actuación del sistema, o la forma como está operando éste.

Algunos estudiosos de las organizaciones industriales señalan que se debe hacer una distinción entre los **objetivos *reales y los* objetivos *legitimados*** del sistema.
Estos últimos tienen que ver con la moral o la ética de los objetivos.

Por ejemplo, un investigador, siguiendo la filosofía de la teoría de sistemas puede definir los objetivos de un sistema de carreteras en términos de la cantidad de vehículos que pueden pasar a través de segmentos específicos de una de ellas dentro de un período dado de tiempo. Sin embargo, puede que este objetivo no se encuentre "legitimado" desde el punto de vista social, no sólo por el costo de los accidentes, sino por el ruido, por ciertos problemas ecológicos y los inconvenientes que pueden surgir para los pueblos y aldeas por donde dicha carretera pasa (y para aquellos que quedan fuera de ella).

Por lo tanto, en esta tarea de describir los objetivos reales del sistema (a través de la medición de su actuación) el investigador debe ser persistente (aunque con ello eventualmente pueda entrar en conflicto con sus colegas o clientes) y estar siempre alerta para no caer en la "falacia de los objetivos evidentes".

EL MEDIO DEL SISTEMA

Una vez que el investigador ha logrado clasificar los objetivos del sistema (o la medición de su actuación) el aspecto siguiente que debe estudiar y considerar es el medio que lo rodea. Este puede ser definido como aquello que está fuera, que no pertenece al sistema, que se encuentra más allá de sus "fronteras". También puede ser ésta una tarea difícil, pues no siempre es sencillo lograr este resultado.

Si observamos un automóvil, uno puede pensar, en un primer momento, que el medio de este sistema es todo aquello que está fuera del automóvil.
Incluso podemos decir que todo lo que está más allá de la pintura exterior del vehículo conforma su medio.
¿Pero esto es correcto?
¿Es correcto afirmar que lo que queda más allá, o fuera de las paredes de una fábrica es el medio de ese sistema?
La fábrica puede tener representantes en diversos puntos del país, y aún en el extranjero, ya sea para la venta de sus productos o para la compra de equipos y materiales. Estas son, sin duda, partes del sistema total que constituye esa empresa industrial, y, sin embargo, estas partes no se encuentran dentro de sus paredes. Para complicar más este caso, es posible que el gerente general de esa empresa pertenezca a un determinado grupo de poder, a través del cual pueda ejercer ciertas presiones políticas y así obtener determinadas ventajas para esa empresa. Sus actividades políticas podrían ser consideradas como pertenecientes al sistema, aunque difícilmente podrían ocurrir dentro del espacio físico ocupado por la empresa. Esto nos puede llevar a concluir que, posiblemente, la pintura exterior del utomóvil

no sea el límite o la frontera de ese sistema, como no lo es en el caso de la fábrica.
Se ha dicho que en esta edad de la tecnología eléctrica, el teléfono ha llegado a ser prácticamente una parte del individuo humano. En muchos casos parece difícil establecer una diferencia entre el oído. No podemos eliminar el teléfono que ayuda al oído. No podemos eliminar el teléfono, así como no podemos eliminar el oído de la persona. Así considerado, el teléfono sería una parte del sistema que hemos denominado ser humano.

Por lo tanto, el investigador de sistemas debe tener un criterio sobre el medio que se encuentre más allá de la observación de sus fronteras aparentes. Un criterio para enfrentar este problema es considerar que, cuando señalamos que algo queda fuera del sistema, queremos indicar que el sistema prácticamente no tiene control sobre ello, es decir, poco o nada puede hacer para modificar sus características o su conducta.

El medio corresponde a los "datos dados" al sistema y, evidentemente, desde este punto de vista constituye sus limitaciones.

El medio de un sistema estará determinado por el problema que tiene entre manos el investigador y, evidentemente, una forma de determinarlo es fijando las fronteras reales del sistema *de acuerdo con el problema concreto.*

El medio no es sólo aquello que se encuentra fuera del control del sistema, sino que también es algo que determina, en parte, la conducta de éste.

Sin duda alguna que uno de los aspectos más importantes del medio de un sistema social es su "clientela", o la demanda. Por supuesto que el sistema puede influir en ella a través de la publicidad, de los precios y en general, de la comercialización de su producto (sea éste un bien o un servicio). Pero, en la medida que la demanda sea determinada por el individuo externo, se encontrará fuera del sistema, en su medio y, pasará a constituir un dato o un factor limitante para ese sistema.

Un buen método para determinar si un aspecto determinado pertenece al medio o al sistema, lo proporciona C.W. Churchman. Señala que el medio no es el aire que respiramos, el grupo social al que pertenecemos o a la casa en que vivimos, no importa cuánto estos elementos parecieran estar fuera de nosotros. En cada caso uno debe hacerse dos preguntas:

– ¿Puedo hacer algo frente a ello?
– ¿Tiene importancia para mis objetivos?

Si la primera pregunta tiene una respuesta negativa y la segunda una positiva, ese aspecto constituye nuestro medio.

LOS RECURSOS DEL SISTEMA

Cuando hablamos de los recursos del sistema nos estamos refiriendo a *su interior,* es decir, a sus recursos internos. Por lo tanto no deben ser confundidos con los recursos externos; es decir, aquellas fuentes de energía o de información que llegan al sistema a través de sus corrientes de entrada. Estos se encuentran fuera del sistema, pertenecen al medio.

Los recursos del sistema son los arbitrios de que dispone para llevar a cabo el proceso de conversión y para mantener la estructura interna; en una palabra, para sobrevivir.

En realidad, existen ciertos recursos que pueden ser considerados tanto como recursos externos y como recursos internos.

Por ejemplo, la fuerza laboral de un sistema. Evidentemente que un ejecutivo, al estudiar la implementación de un proyecto o una decisión puede decir: cuento con tantos recursos humanos y, en ese sentido, estará hablando de recursos internos.

Pero cuando se enfrenta a una huelga general o de todo ese sector industrial o a un paro en la locomoción, puede decir que su corriente de entrada de energía humana se ha detenido o ha decrecido, de acuerdo con el caso. A nuestro juicio, la diferencia se encuentra en determinar si esa fuerza laboral pertenece al sistema o al medio y, de acuerdo nuevamente con el problema, aunque se trate de un mismo grupo de trabajadores, en un momento serán parte del sistema, como en el caso de la implementación del proyecto, y en otro serán parte del medio, como el caso de la huelga.

En general, los recursos del sistema, como opuestos al medio, son todo aquello que el sistema puede cambiar o utilizar para su propia ventaja. El sistema puede decidir cuáles trabajadores harán eso y cuáles aquello, o dónde se invertirá esta parte del presupuesto y en qué se gastará esa otra, o qué equipo y cuánto tiempo se utilizará en una determinada operación. En una palabra, son recursos internos del sistema aquellos sobre los cuales éste posee control.

Por eso, cuando nos referimos a los recursos, generalmente lo hacemos en términos de dinero, horas-hombre y equipos.

Así como a veces era difícil definir los objetivos reales del sistema o su medio, también puede suceder lo mismo al definir los recursos con que éste cuenta. Ya observamos alguna dificultad en el caso de la mano de obra o fuerza laboral que puede ser recurso interno o externo de acuerdo al problema que se trate.

Una forma de observar y determinar los recursos de un sistema social (especialmente de una empresa) es a través de su **balance general**. Efectivamente, en él aparecen diferentes recursos que el sistema posee; por ejemplo: sus edificios, equipos, cuentas por cobrar, saldos en bancos y caja, inventarios de materias primas, repuestos, productos terminados y otros. Es decir, todos aquellos recursos cuyo valor puede ser transformado en dinero. Sin embargo, si nos detenemos aquí, sin duda alguna sólo habríamos contabilizado parte de los recursos de ese sistema.

En efecto, hay recursos que no pueden ser convertidos tan fácilmente en dinero y otros que por una u otra razón no aparecen en el balance general.
Tomemos, por ejemplo, el personal con que cuenta el sistema. Sin duda alguna que son recursos del sistema su nivel de educación, su experiencia, sus grados académicos y/o profesionales; su cantidad, su distribución o promedio de edad, determinan mejores o peores recursos humanos.
Otro caso se encuentra en la "imagen" que el sistema posee en el medio. Sin duda alguna que este es un recurso que la empresa puede explotar en su beneficio.

Incluso puede pensarse que son recursos propios del sistema el poder o la influencia que algunos de sus integrantes pueda tener en otros sistemas.
Por ejemplo, si por alguna relación particular resulta que uno de los ejecutivos de una empresa es muy amigo (o familiar) de un alto administrador de un banco comercial, esta relación puede ser considerada como un recurso del sistema, ya que a través de este canal, el sistema puede incluso ejercer algún control sobre esa oficina, quitándosela así al medio y sumándola al sistema. El sistema puede obtener ciertas ventajas tales como descuento de letras, préstamos a corto o a largo plazo, etcétera.

Existe, sin embargo, otra objeción aún más seria a la simple utilización del balance general. En efecto, este balance nos muestra *como fueron* utilizados los recursos. El investigador de sistemas debe aprender de la experiencia de la historia pasada. Pero el balance general típico oculta casi toda la información importante que uno desearla conocer si desea aprender de la experiencia. Lo que realmente debe servir como elemento de enseñanza son las oportunidades perdidas o mal aprovechadas, las posibilidades que nunca lograron implementarse porque los recursos estaban ocupados en otras materias y quizá empleados en forma ineficiente (es decir, observar los diferentes "costos de

sustitución"). Sin embargo, estas informaciones no se encuentran en ese documento.

Desde este punto de vista, se hace necesario el establecimiento de todo un sistema de comunicación e información para proveer a los ejecutivos con los conocimientos necesarios para sus decisiones. Y, en este sentido, un sistema de información y comunicación eficiente es un valioso recurso.

Un sistema social puede tener recursos reales y también recursos potenciales. Estos últimos es probable que no sean considerados o que nunca se hagan reales, porque normalmente se requiere de una cierta inversión para que puedan cambiar de estado. Pero el hecho es que, ya sea a través del avance tecnológico o por otra razón, es posible que los recursos actuales del sistema puedan ser altamente amplificados.

El mismo desarrollo de un sistema de información y De comunicación (posiblemente utilizando computadores u otros equipos tecnológicos sofisticados) puede aumentar la capacidad y la calidad de las decisiones de los ejecutivos incrementando sus recursos administrativos, o liberándolos para otras actividades más productivas. En ese sentido, una buena organización y una buena delegación de decisiones rutinarias por parte de los ejecutivos, pueden darle a éstos las oportunidades de atacar problemas de real importancia que de otro modo no habrían sido tocados o en cuyo análisis y solución habrían tenido que invertirse otros recursos.

Por estas razones, para la contabilización de los recursos propios del sistema, no sólo es necesario incluir los recursos reales, sino considerar también los recursos potenciales y las posibilidades que existen para transformarlos en reales, pues los mecanismos o componentes que sirven para aumentar o amplificar los recursos del sistema pueden ser los más importantes.

LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Los recursos propios forman la reserva general del sistema a partir de la cual se puede desarrollar su conducta para alcanzar sus objetivos reales. Las acciones específicas que se llevan a cabo las realizan sus componentes, sus partes o sus subsistemas.

¿Cuáles son los subsistemas? Una forma de determinarlos podría ser a través del organismo que muestra las diferentes unidades administrativas (siempre que se dé en ellos el principio de la recursividad) en que se ha dividido el sistema, tomando así las ventajas de la división del trabajo o diferenciación y de la especialización. Así tenemos las divisiones, los departamentos, las secciones, etc. Sin embargo, un cuidadoso examen del sistema puede indicarnos que esos pueden no ser los componentes *reales,* aunque posean títulos que en un principio nos llevarán a tomarlos como tales.

Por ejemplo, en las empresas industriales podemos encontrar fácilmente un departamento de producción, lo que nos hace pensar que es allí donde se desarrolla toda la función convertidora del sistema. Otro departamento puede denominarse comercialización, y esto también nos puede llevar a pensar que es allí donde se dirige y administra la corriente de salida. Ahora, supongamos que nos encontramos en una empresa que fabrica según pedido (es decir, que el producto se hace de acuerdo a las características solicitadas por los clientes). En este caso ¿no debe estar presente, en el momento de la venta, el equipo de producción para aceptar o no las peticiones del cliente en función de las capacidades y recursos con que cuenta el subsistema? Aquí, indudablemente la venta depende de producción; luego, es posible que ambos subsistemas sean en realidad uno solo. Por estas razones, la estructura organizacional tradicional con sus funciones de comercialización, producción, adquisiciones, financieras, relaciones industriales etc. no es una buena ayuda para el investigador de sistemas que pretende definir las partes

de ese sistema, quien debe utilizar otro criterio. Este puede ser, de acuerdo con Churchman, observar las "misiones", "los trabajos" o "las actividades" básicas, es decir, la división racional de las tareas que el sistema debe llevar a cabo. Así, por ejemplo, para la municipalidad de una ciudad, sus actividades básicas consisten en limpieza y sanidad, cuidado y reparación de calles y veredas, controles de tránsito y del comercio, salud y seguridad pública, etc. Por lo tanto, un investigador de sistemas interesado en estudiar las partes del sistema municipal, podrá enumerar estas misiones, trabajos o actividades y enseguida colocar bajo cada una de ellas las diferentes oficinas, agencias, organismos e instituciones, sin preocuparse de su nombre (salvo que todos son municipales) y definir así las partes y sus integrantes. Es posible que un organismo forme parte de más de un subsistema.

Por ejemplo, la fuerza de carabineros es parte, sin duda alguna, del subsistema encargado de la seguridad pública. Sin embargo, ese mismo organismo participa en el control del tráfico. Si un analista de sistemas desea ubicar y definir el subsistema educacional dentro del sistema de gobierno de un país, comprenderá rápidamente que esta función no sólo se lleva a cabo dentro de los límites de un ministerio de educación.

También se encuentran comprometidos en actividades educacionales otros departamentos (y ministerios) a través del entrenamiento y capacitación de su personal y del público en general, ya sea a través de folletos, cursos cortos, programas de TV, etc. Por lo tanto, la evaluación social de las tareas o actividades educacionales no puede efectuarse solamente dentro de las líneas departamentales tradicionales.

En esta tarea de identificar las partes o componentes del todo, es probable que el analista encuentre problemas serios, especialmente con aquellas personas que dirigen los departamentos o unidades administrativas del sistema. El director de una unidad de la línea tradicional, tiene claramente definidos sus sistemas particulares y lo distingue del todo; debe sostener batallas en defensa de su unidad, ya sea en términos de presupuestos o en términos de personal; aún más, su trabajo o su participación es evaluada normalmente en términos de la conducta de su departamento. Y esto no sucede sólo con el jefe del departamento, sino también con las personas que participan dentro de él. Existe generalmente una identificación entre los *individuos y su* unidad de trabajo y aún es posible que, a través del desarrollo de las organizaciones informales, estos departamentos solidifiquen sus fronteras, aislándose del exterior, es decir, de los otros componentes del sistema
Por ejemplo, en las universidades esto sucede frecuentemente. El estudio de las matemáticas aparece hoy día, prácticamente en todos los programas de estudio de las diferentes carreras; sin embargo, es el departamento de matemáticas el que define lo que estas materias significan, la forma en que deben impartirse y los niveles que deben alcanzarse en cada caso.

En general las unidades administrativas del sistema buscan la máxima independencia por razones de orgullo, poder, status, etcétera.

¿Por qué debe ser tan persistente el investigador de sistemas en hablar de misión en vez de departamento?

Simplemente porque al hablar de misión y analizarla, él puede estimar el valor de una actividad para el sistema total, lo que no es posible lograr a través de la estimación de la realización de un departamento (o de su valor). El debe saber si la actividad de un componente del sistema es mejor que otra. Pero si la actividad de ese departamento sirve para otras misiones, es posible que no se pueda distinguir su contribución real.

Otra pregunta que se debe plantear es ¿para qué necesitamos componentes? El ideal para el analista sería que todo fuera una unidad, que existiera sólo el sistema, sin tener que dividirlo en subsistemas. Pero esto es imposible. En consecuencia, la razón real para la separación del sistema en componentes (desde el punto de vista del análisis del sistema) es para proveer al investigador con el tipo de información necesario para

diagnosticar apropiadamente el sistema y decir lo que haya que hacer después.

Desde el punto de vista de las misiones del sistema puede ser útil indicar aquí las diferentes funciones que debe llevar a cabo un sistema para sobrevivir (constituye la misión más importante del sistema total). Katz y Kahn en un interesante estudio de la conducta de las organizaciones desde el punto de vista de la teoría de sistemas, distinguen cinco misiones fundamentales. Ellas son:

1. ***La misión de producción***. Es decir, la conversión de la energía en el bien y/o servicio característico del sistema.

2. ***La misión de apoyo***. Es decir, las funciones por las cuales se provee de suficiente energía al proceso de producción; la función de "comerciar" la corriente de salida en el medio y así originar las nuevas corrientes de entrada (el ciclo de actividad y las funciones de legalización del sistema en su medio).

3. ***La misión de mantención***. Es decir, las funciones destinadas a lograr que los componentes del sistema permanezcan dentro del sistema, cuando éste los requiere, tanto física como psicológicamente.

4. ***La misión de adaptación***. Es decir, las funciones destinadas a observar los cambios que se suceden en el medio, predecir las consecuencias que éstos tendrán para el sistema y proponer las medidas necesarias para adaptar el sistema a las nuevas condiciones del medio. '

5. ***La misión de dirección***. Es decir, el gobierno del sistema, la coordinación de los subsistemas, la adjudicación de los recursos entre ellos, todo esto para cumplir la misión (o las misiones) general del sistema total.

LA DIRECCIÓN DEL SISTEMA

Si revisamos lo que hasta ahora ha hecho nuestro análisis con el fin de definir con precisión lo que es un sistema total, observaremos que ha definido sus objetivos reales, (es decir, aquellos que determinan la actuación del sistema). Enseguida se enfrentó con el problema de determinar el medio que rodea al sistema, lo que, sin duda, le sirve para conocer la extensión de su unidad de análisis. En tercer lugar examinó los recursos reales y potenciales con que cuenta el sistema para conseguir sus objetivos y, finalmente, corno vimos en el punto anterior, procedió a definir las partes, componentes o subsistemas que constituyen el sistema. Ahora ha llegado al último paso, en esta tarea, la administración o dirección del sistema.

Para los efectos del analista de sistemas, esta es aquella parte en donde se generan los planes para el sistema. Es su "inteligencia" y su central de decisiones. Allí es donde se consideran todos los aspectos que hemos discutido en los puntos anteriores. La dirección fija los objetivos de los componentes, distribuye los recursos y controla la actuación y el comportamiento del sistema.

Ahora puede aparecer algo paradojal para el investigador de sistemas. Después del trabajo realizado, puede pensar que si él ha sido el que ha estado trabajando en la construcción del modelo, si han sido sus análisis los que han determinado los objetivos del mismo, el medio, los recursos y los componentes. ¿Acaso entonces no es él el administrador? ¿Debería "amotinarse y hacerse cargo de la dirección con la ayuda de todas sus técnicas y sistemas?".

La verdad es que esto no es así, y él no lo desea tampoco. El es un hombre de ideas, no un hombre de acción. Este último debe correr riesgos y si fracasa no sólo puede ser expulsado de la organización, sino que también puede quedar arruinado. Nuestro investigador de sistemas toma riesgos individuales. Si él fracasa, no tiene que responsabilizarse por el fracaso de todo el sistema.

La administración del sistema no sólo debe generar los planes que éste debe desarrollar, sino también asegurarse de que los planes sean implementados de acuerdo con las ideas originales. Y si no es as!, debe determinar el por qué. Esta actividad se conoce generalmente bajo el término de control, aunque la palabra en sí encierre un sentido negativo. Estamos acostumbrados a la idea de control coercitivo, como alguien señalaba, al control del carabinero, que está presto a castigar a quien no cumple. Sin embargo, el concepto moderno de control (especialmente el desarrollado por la ciencia de la información y del control, la cibernética) lo plantea más bien en el sentido del piloto que controla la dirección del avión. Así, gran parte del control dentro **del** sistema opera a través del principio de excepción, de modo que la administración no interfiere en las actividades de las partes componentes a *menos* que la conducta de éstos evidencie una desviación demasiado grande de los planes.

Sin embargo, el control no sólo significa el examen del correcto desarrollo de los planes y metas señaladas, sino que también implica su evaluación y los consecuentes cambios de planes y metas. Estos cambios constituyen uno de los aspectos más críticos de la administración de sistemas, porque nadie puede decir que se han fijado objetivos correctos, o se ha definido el medio en forma precisa, si se han determinado bien los objetivos y la definición de los componentes. Siempre es probable que se haya escapado algo, que se haya cometido un error, o que se hayan sobrevaluado ciertos recursos. Por lo tanto, la administración del sistema debe recibir informaciones tales que le indiquen cuando su concepto y definición de sistema es errado y debe ser cambiado.

El capitán de un barco, siguiendo la comparación que hace N. Wiener entre esta función de la administración y el gobierno de un barco, tiene la responsabilidad de asegurar que el barco llegará a su puerto de destino dentro de un tiempo prescrito y de acuerdo con un plan de navegación (escalas).

Este es el objetivo general del sistema. Su actuación se medirá en términos de esa meta. El medio del barco es el conjunto de condiciones externas que la nave debe enfrentar: el tiempo, la dirección del viento, la fuerza de las olas, las corrientes marinas, etc.
Desde el punto de vista del capitán, también puede considerarse parte del medio la actuación de las máquinas y la tripulación, ya que éstos se encuentran dados durante el viaje (y siempre que la respuesta a la primera pregunta
-¿Puedo hacer algo?- sea negativa, y la de la segunda pregunta
-¿Tiene relación con mi objetivo? - sea afirmativa).
Los recursos del barco son las máquinas, la tripulación, el combustible. Los componentes del sistema son las misiones de la sala de máquina, las misiones de mantención (de máquinas y hombres) de vigilancia, etc. El capitán del barco, como administrador general, da el plan para las operaciones de la nave y vigila su desarrollo correcto. El posee varios sistemas de informaciones dentro del barco que le informan si han ocurrido y dónde han ocurrido desviaciones del plan fijado. Su tarea es determinar el por qué, evaluar el comportamiento de la nave y luego, si es necesario, modificar los planes si la información de que dispone le indica que es aconsejable hacerlo. Esto equivale, como hemos visto anteriormente, a un sistema con circuito cerrado con retroalimentación negativa (generalmente). Un problema central para este tipo de control es la velocidad a que debe fluir la información para que este sistema sea operativo. Cualquiera que haya dirigido una embarcación en un mar "picado" reconocerá que si uno responde en forma demasiado rápida o, al revés, demasiado lenta ante la acción de una ola, se le presentarán problemas. Lo que requiere es una retroalimentación en circuito cerrado que permita al administrador reaccionar a los cambios de las variables externas (o del medio) de una manera óptima.